



Economie des smart grids: focus sur l'expérience allemande

Patrice Geoffron

Université Paris-Dauphine, CGEMP, CEC
patrice.geoffron@dauphine.fr

Morwenna Guichoux

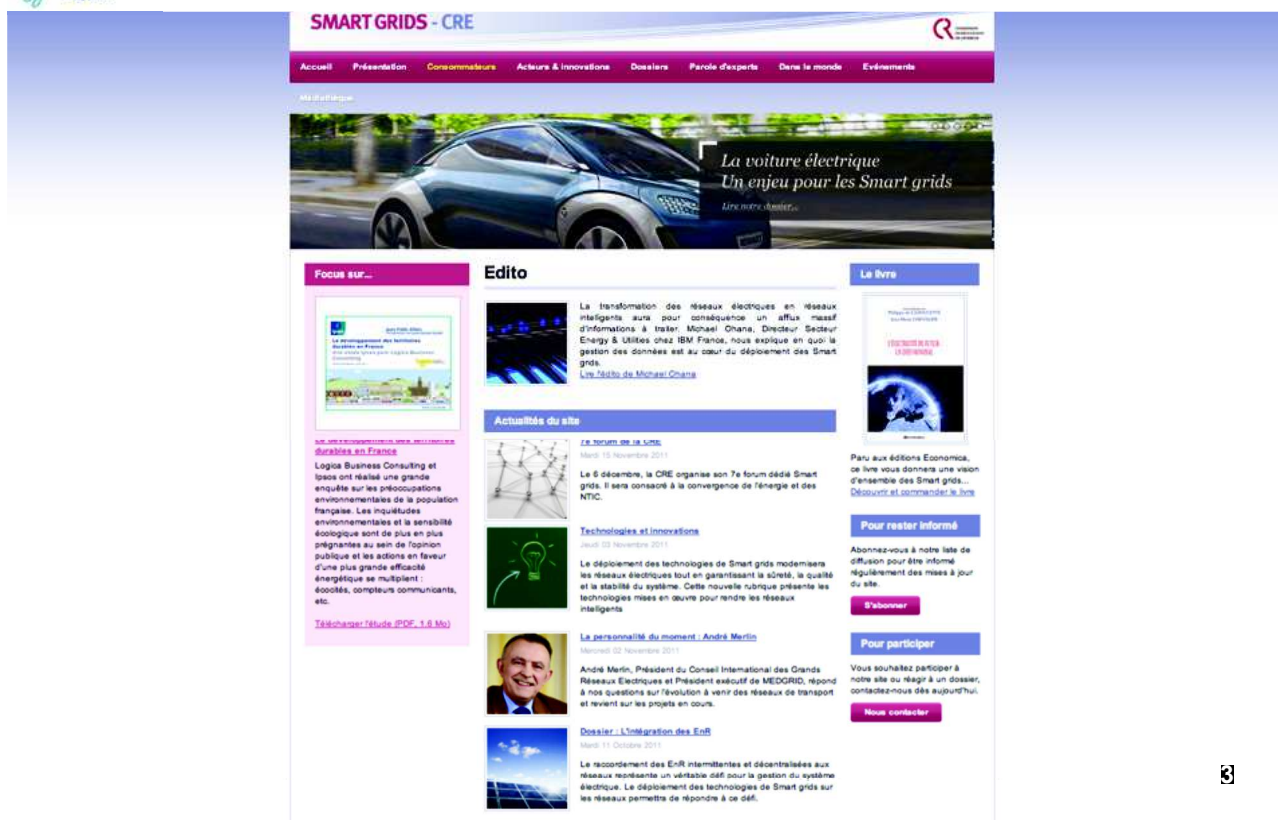
Doctorante CIFRE, CGEMP-General Electric
Morwenna.Guichoux@qe.com

*Chaire d'Economie du Climat
Friday Lunch Meeting
9 décembre 2011*



Sommaire

- ➔ **Contexte de la recherche**
- ➔ **Eléments et données de cadrage sur les Smart Grids**
- ➔ **Focus sur les expériences allemandes**
- ➔ **Conclusion**



The screenshot shows the homepage of the SMART GRIDS - CRE website. At the top, there is a navigation bar with links: Accueil, Présentation, Consommateurs, Acteurs & Innovations, Dossiers, Parole d'experts, Dans le monde, and Evénements. Below the navigation bar is a large banner image of a blue car with the text "La voiture électrique Un enjeu pour les Smart grids". The main content area is divided into several sections: "Focus sur..." featuring a report on smart grids in France, "Edito" with a commentary on the transformation of electrical networks, "Actualités du site" with a list of recent news items, "Le forum" with information about an upcoming forum, "Technologies et innovations" with a focus on smart grids modernization, "La personnalité du moment" featuring André Merin, and "Dossier : L'intégration des EnR" with a focus on renewable energy integration. There are also links to "Le livre" and "Pour rester informé".

Projet de Démonstration

omere

Optimisation et Maîtrise des **E**nergies renouvelables et du **R**éseau **E**lectrique



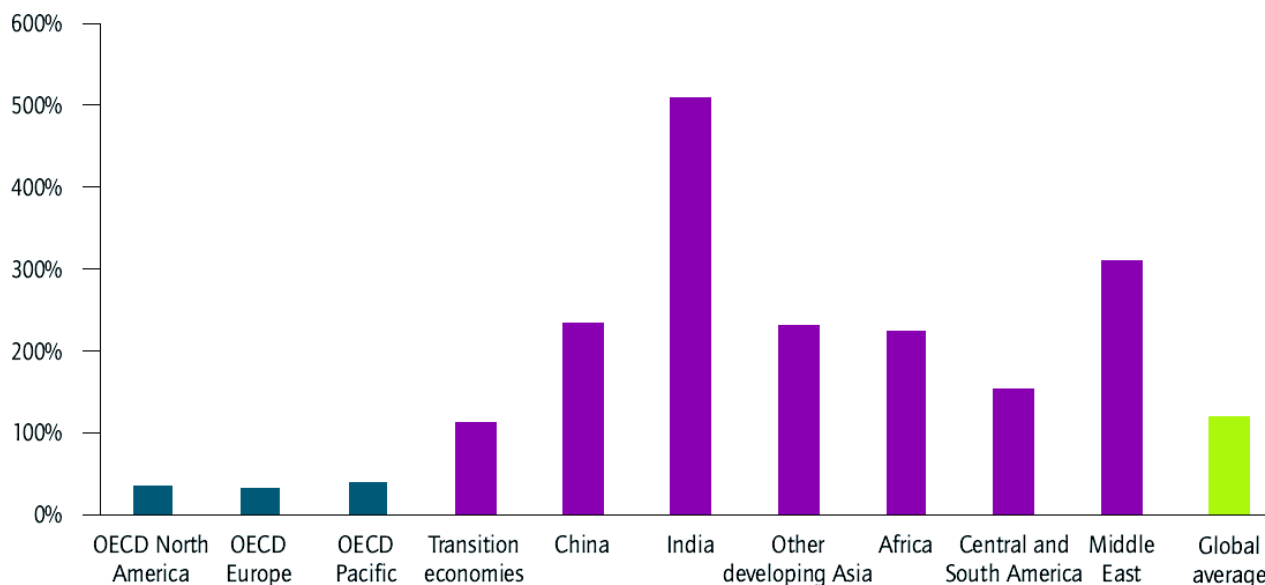
- ➔ Contexte de la recherche
- ➔ **Eléments et données de cadrage sur les Smart Grids**
- ➔ Focus sur les expériences allemandes
- ➔ Conclusion

Définition des smart grids

- ☑ “A Smart Grid is an **electricity network** that uses **digital technology** to monitor and manage the transport of electricity from all generation sources to meet the varying electricity demands of end users.
- ☑ Such grids will be able to **co-ordinate the needs and capabilities** of all generators, grid operators, end users and electricity market stakeholders...
- ☑ ...in such a way that it can optimise asset utilisation and operation and, in the process, **minimise both costs and environmental impacts** while maintaining system reliability, resilience and stability.” [IEA ETP 2010]

Une croissance tendancielle de la demande d'électricité, tirée par les Emergents...

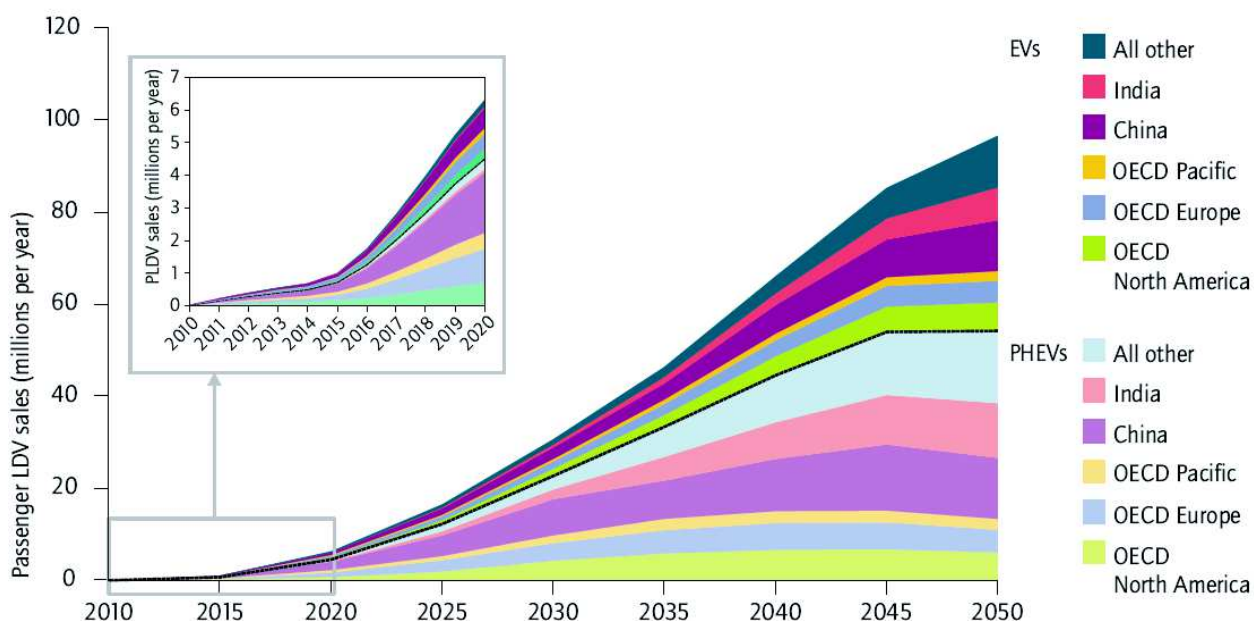
Electricity consumption growth 2007-50 (BLUE Map Scenario)



Source: IEA, 2010.

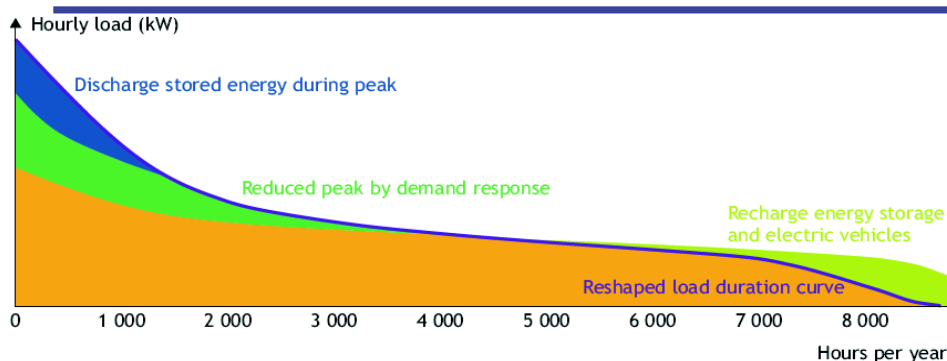
...et associée à la montée de nouveaux usages

Deployment of electric vehicles and plug-in hybrid electric vehicles



Source: IEA, 2009.

Une demande qui évolue en « qualité » : focus sur le véhicule électrique



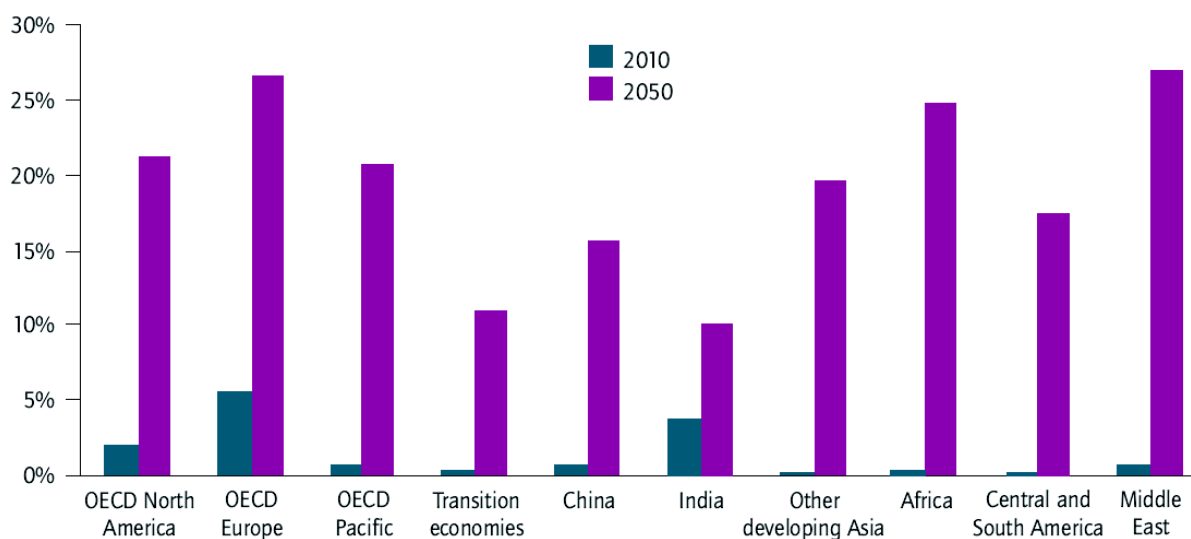
Source: AIE

- ➔ V2G: Vehicule to Grid
- ➔ V2H: Vehicule to Home
- ➔ Seconde vie de la batterie
- ➔ ...

Autant d'options repositionnant le consommateur dans la « chaîne de valeur », permettant l'entrée des constructeurs automobiles, des équipementiers, ...

Une « explosion » de la production à caractère intermittent...

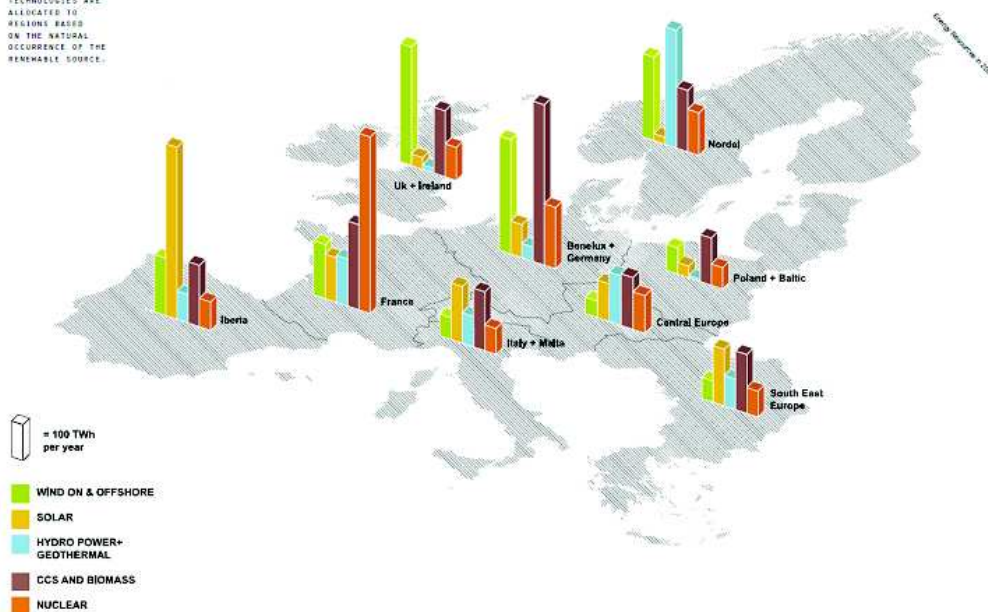
Portion of variable generation of electricity
by region (BLUE Map Scenario)



Source: IEA, 2010.

ENERGY RESOURCES IN 2050 (HIGH RES PATHWAY)

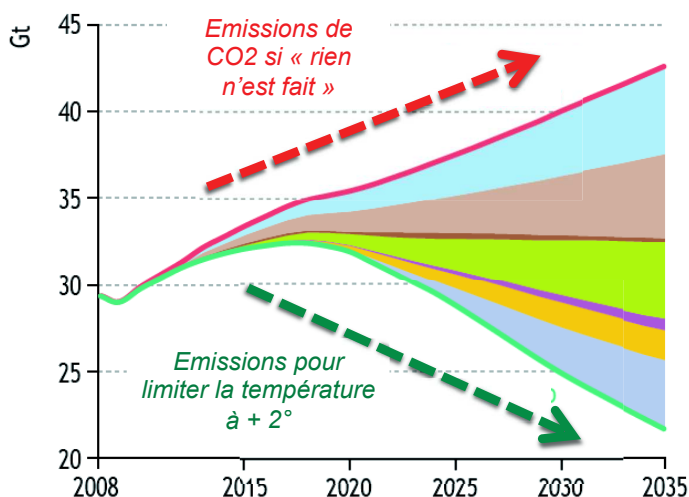
RENEWABLE TECHNOLOGIES ARE ALLOCATED TO REGIONS BASED ON THE NATURAL OCCURRENCE OF THE RENEWABLE SOURCE.



Source : Roadmap 2050

Source: AIE

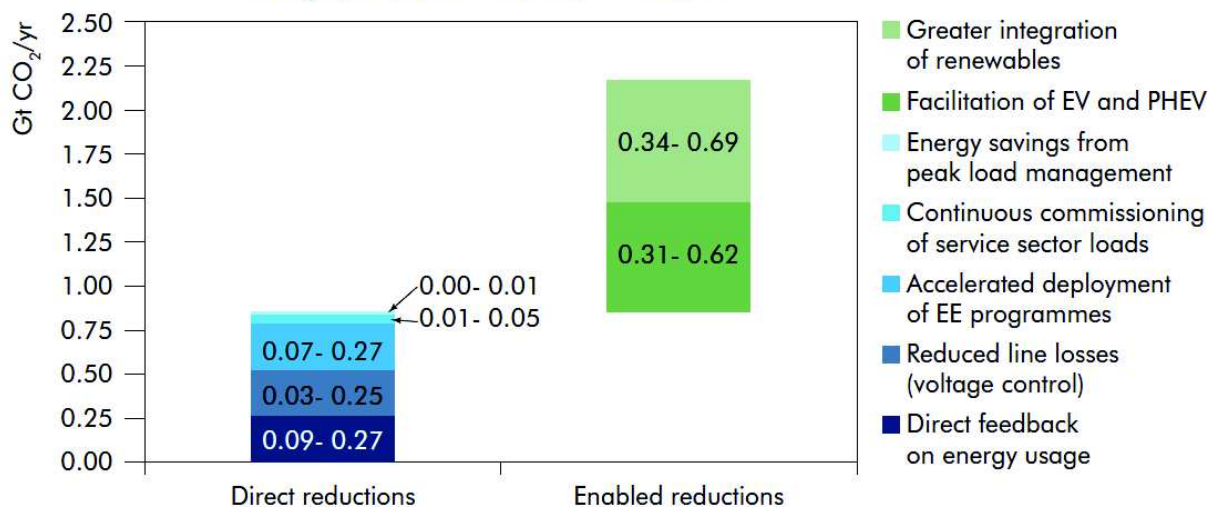
La transition vers un modèle énergétique soutenable ne peut se faire à «iso-grid»



	Abatement		
	2020	2030	2035
Efficiency	71%	49%	48%
End-use (direct)	34%	24%	24%
End-use (indirect)	33%	23%	23%
Power plants	3%	2%	1%
Renewables	18%	21%	21%
Biofuels	1%	3%	3%
Nuclear	7%	9%	8%
CCS	2%	17%	19%
Total (Gt CO ₂)	3.5	15.1	20.9

Source: AIE

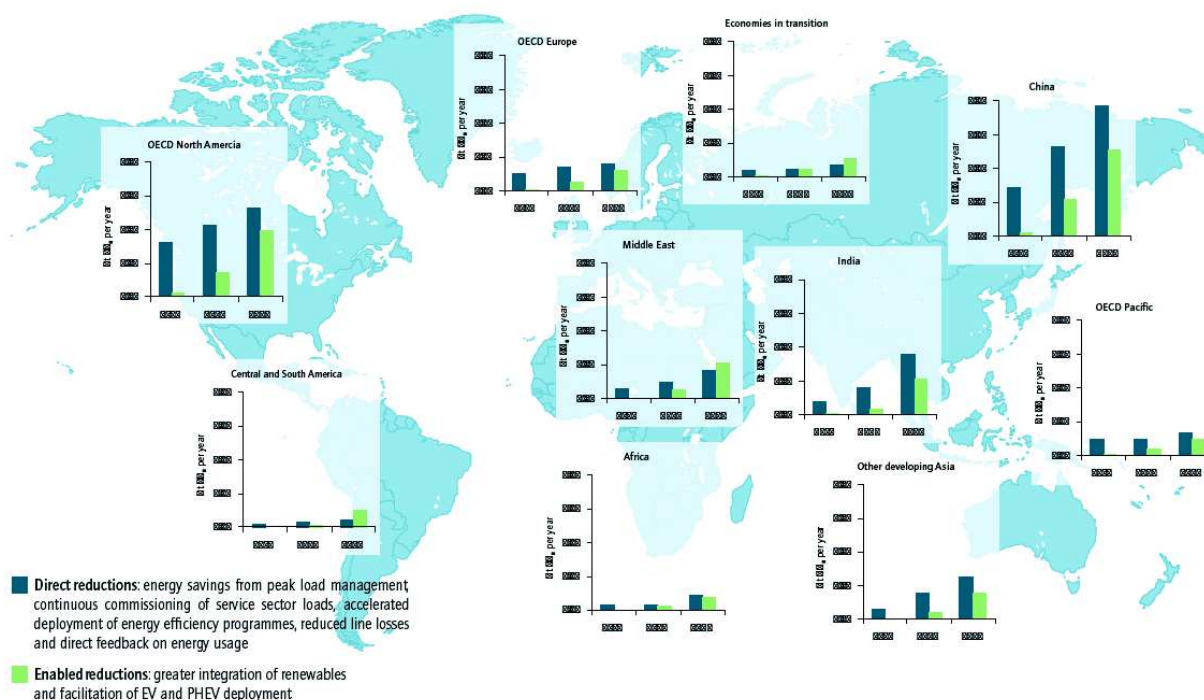
Smart grid CO₂ reductions in 2050 in the BLUE Map scenario compared to the Baseline scenario

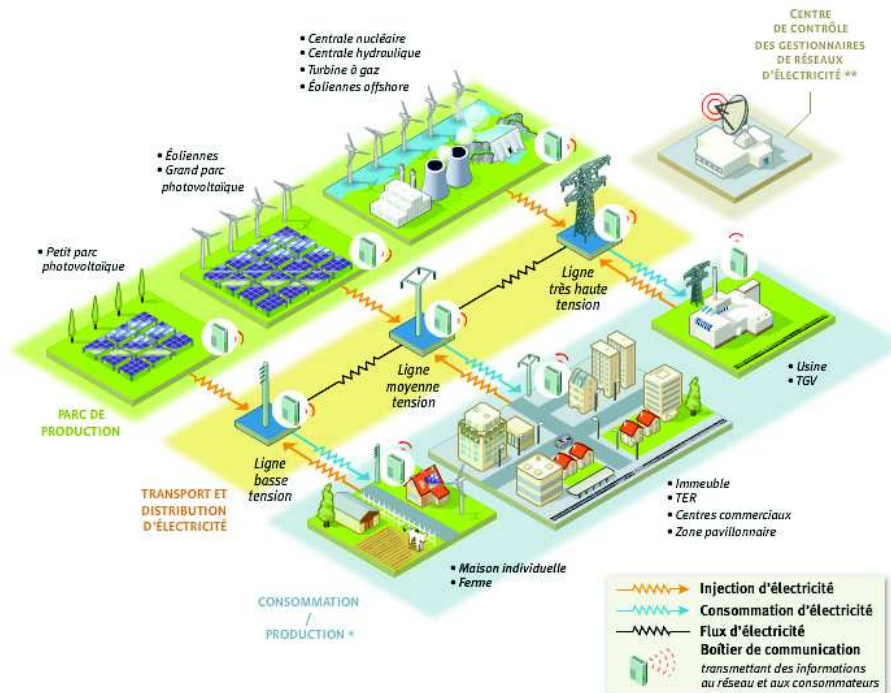


Note: The methodology for calculating CO₂ reductions has been adapted from EPRI (2008).⁹

Source: IEA

Regional CO₂ emissions reduction from smart grid deployment





Source: CRE

5

Le « dilemme » des smart grids

- ➔ Réduction coupures
- ➔ Stabilité qualité
- ➔ Inclusion EnR, VE, ...
- ➔ Efficacité, CO2
- ➔ ...

?

- ➔ Maturité techno, standardisation
- ➔ Prix CO2, fossile, ...
- ➔ Réglementation
- ➔ Réponse consommateurs
- ➔ ...

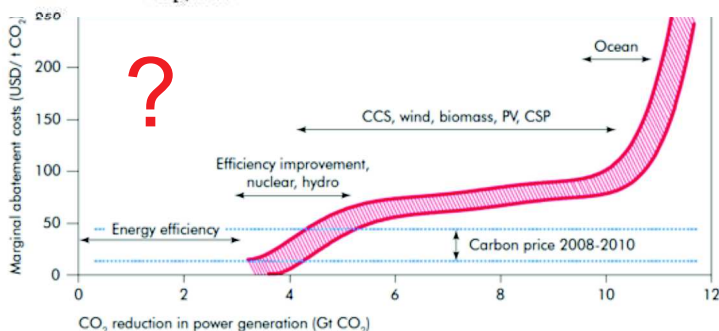
Le « dilemme » des smart grids: des bénéfices potentiels importants... mais des ROI entravés par des incertitudes multiples

Des variables essentielles du calcul d'investissement sont largement indéterminées.

L'incertitude sur les futurs prix du carbone et des énergies fossiles entrave les investissements énergétiques les plus innovants

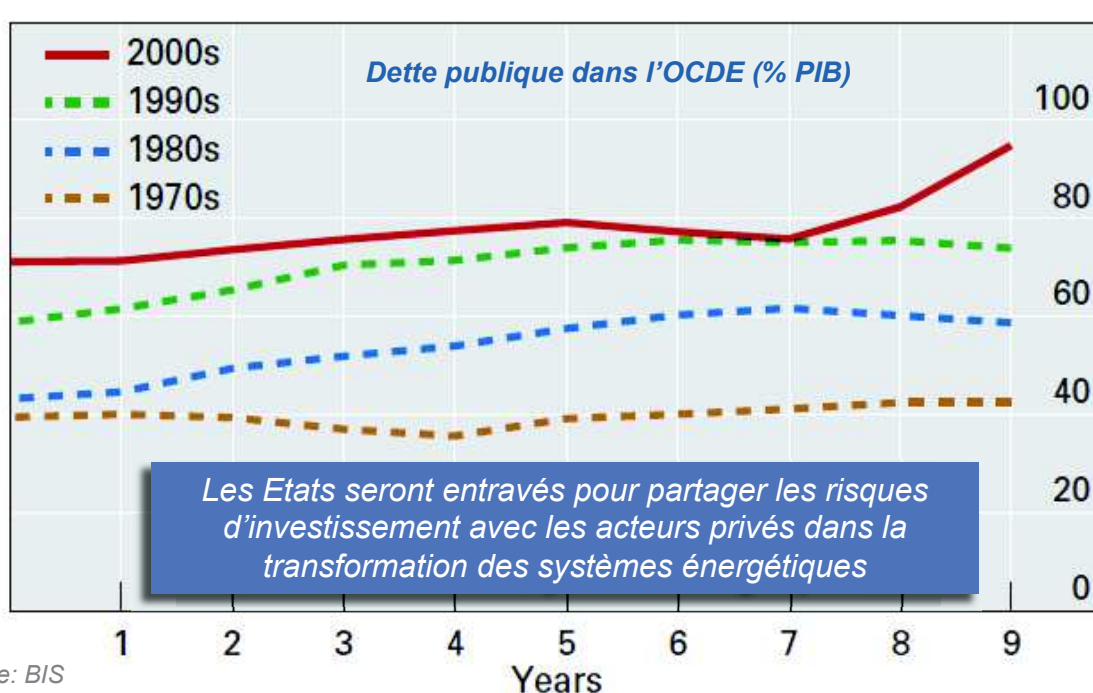


Figure 12.2 CO₂ mitigation costs in the electricity sector (2010-20) and current CO₂ prices



Source: IEA

...dans un contexte où les finances publiques seront sous forte contrainte (1/2)



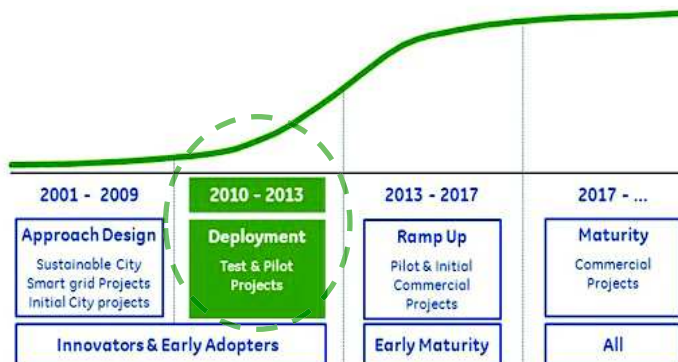
Estimated global gaps in public low-carbon energy RD&D

<div> L'AIE alerte sur un déficit de soutien public en R&D pour les SG </div>	Annual investment in RD&D needed to achieve the BLUE Map scenario outcomes in 2050	Annual public RD&D spending	Estimated annual RD&D spending gap
	(USD million) ¹	(USD million) ²	(USD million)
Advanced vehicles (includes EVs, PHEVs + FCVs; energy efficiency in transport)	22 500 – 45 000	1 860	20 640 – 43 140
Bioenergy (biomass combustion and biofuels)	1 500 – 3 000	740	760 – 2 260
CCS (power generation, industry, fuel transformation)	9 000 – 18 000	540	8 460 – 17 460
Energy efficiency (industry) ³	5 000 – 10 000	530	4 470 – 9 470
Higher-efficiency coal (IGCC + USCSC) ⁴	1 300 – 2 600	850	450 – 1 750
Nuclear fission	1 500 – 3 000	4 030	0 ⁵
Smart grids	5 600 – 11 200	530	5 070 – 10 670
Solar energy (PV + CSP + solar heating)	1 800 – 3 600	680	1 120 – 2 920
Wind energy	1 800 – 3 600	240	1 560 – 3 360
Total across technologies	50 000 – 100 000	10 000	40 000 – 90 000

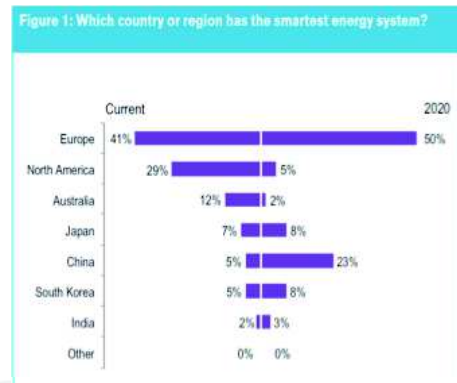
Source: AIE

- ➔ Contexte de la recherche
- ➔ Eléments et données de cadrage sur les Smart Grids
- ➔ Focus sur les expériences allemandes
- ➔ Conclusion

Cycle de vie des technologies intelligentes



Source : Renaud Lecompte, Marketing Leader, General Electric



Source: 2010 Energy Smart Technologies Leadership Forum - Bloomberg

... est encore à la phase de déploiement
Même si l'Europe est considérée comme le continent ayant le réseau le plus avancé

© 2011 General Electric Company
All rights reserved. This material may not be copied or distributed in whole or in part without prior permission of the copyright owner.

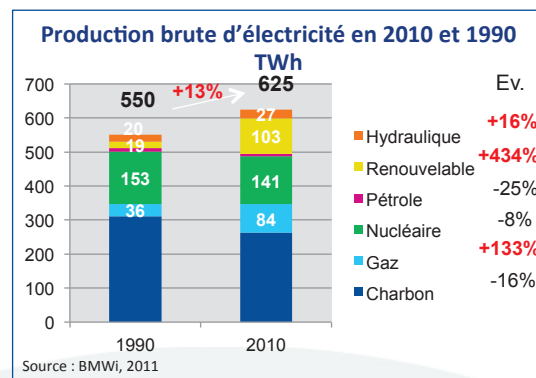
Le marché électrique allemand...

Consommation d'énergie élevée

- n°1 consommateur d'énergie et d'électricité en UE27
- n°1 émetteur de CO2 (UE 27)

Engagement historique

- n°1 producteur d'énergie renouvelable
 - *Le soutien de la population*
 - *La volonté politique*
- n°2 prix de l'électricité



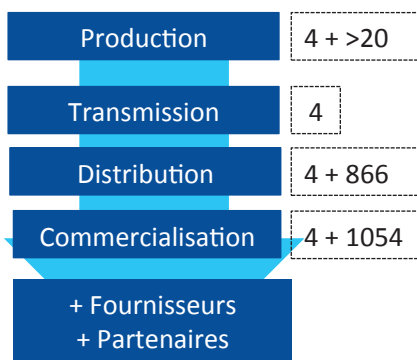
Structure de marché changeante

- Marché oligopolistique -Big 4 intégrés verticalement- qui tend à devenir plus concurrentiel ...
- ... grâce à une régulation montant en puissance.

... présente des caractéristiques intéressantes pour étudier le déploiement des technologies intelligentes

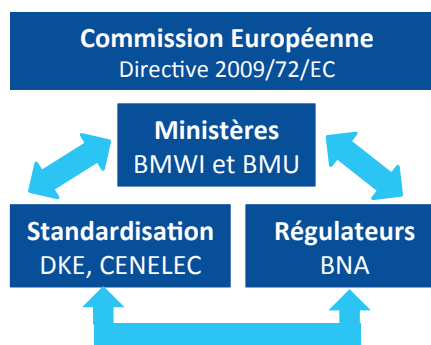
Un environnement complexe et dense ...

La filière de l'électricité en 2010



Source : BNA, 2011

Les institutions



Rôle : Expérimentation et REX

- Développement de **plus de 100 projets** de tailles diverses
- Des projets au **contenu** plus ou moins **similaire**
- Déploiement de **1,6M de compteurs** sur la base du volontariat

REX

Choix

Rôle : Coordination nationale

- Caractéristiques techniques : compteurs, sécurité du réseau, standards
- Technologie : Démonstrateur, R&D, déploiement
- Stabilité du cadre légal et envoi de signaux pour limiter l'incertitude

... qui nécessite une régulation structurée pour être efficace et garantir la compatibilité des systèmes

La législation sur les SG demeure inchangée depuis 2009

2009 : Démarche claire et structurée : logique

"industrielle"

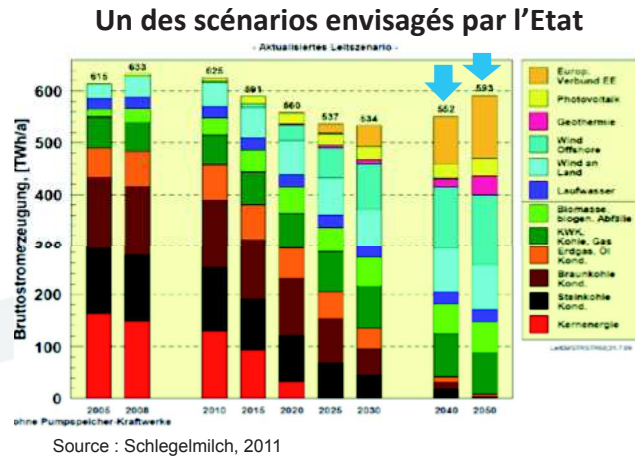
- Risque important d'incompatibilité des systèmes : **Feuilles de routes techniques (réseaux et véhicules électriques) extrêmement précises sur les standards (Compteurs, sous stations, chargements VE ...)**
- Des interrogations sur les bénéfices des compteurs pour les consommateurs
- Loi dédiée au « comptage intelligent » (EnWG 2009)

2011 : Une législation peu incitative

- Pas de déploiement obligatoire des compteurs (sauf bâtiments neufs)
- Des prérequis techniques flous et à minima pour les compteurs
- Pas d'analyse coût-bénéfice « officielle »
- Tarifs variables et relevé exact des consommations d'énergie obligatoire
- **Attente des retours d'expérience du programme E-Energy?**

... mais un fort accroissement des projets relatifs aux ENR et à la R&D est prévisible suite à Fukushima

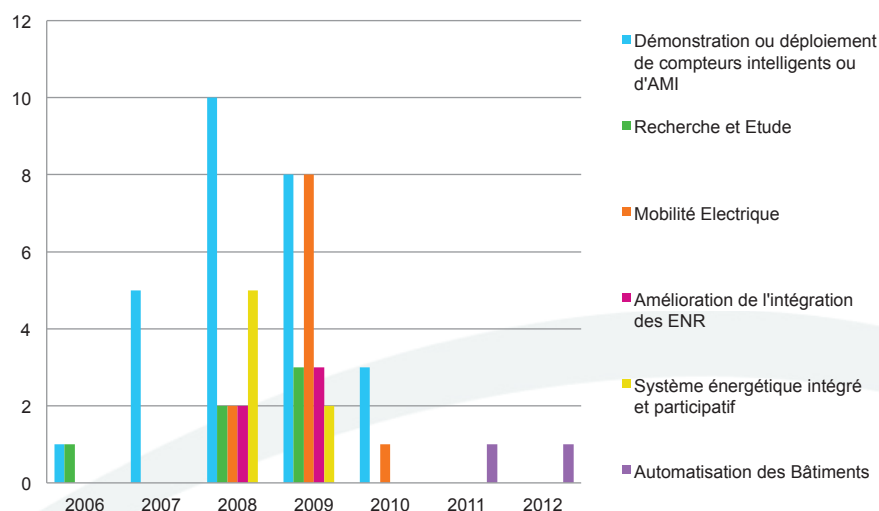
- **Accélération du développement des projets préexistant :**
 - **Sortie du nucléaire** (Energie Concept 2050 & prospectives)
 - Renforcement du **réseau** de transport et (très probablement) de distribution (ENR)
 - Investissements accrus dans la **R&D** : CCS, stockage, VE, ENR, réseaux intelligents
- **Des objectifs ambitieux :**
 - Baisse de **80%** des émissions de **CO2** en 2050
 - Produire **80%** de l'électricité grâce aux **ENR**
- **Des risques important :**
 - Coût des importations?
 - Gestion des pics?
 - Prix de l'électricité?
 - Equilibre des réseaux européens?









... se renforce dans ses objectifs de « tout renouvelable » et de « tout efficace »

Le développement de projets ne semble pas avoir été impacté par le retrait du nucléaire

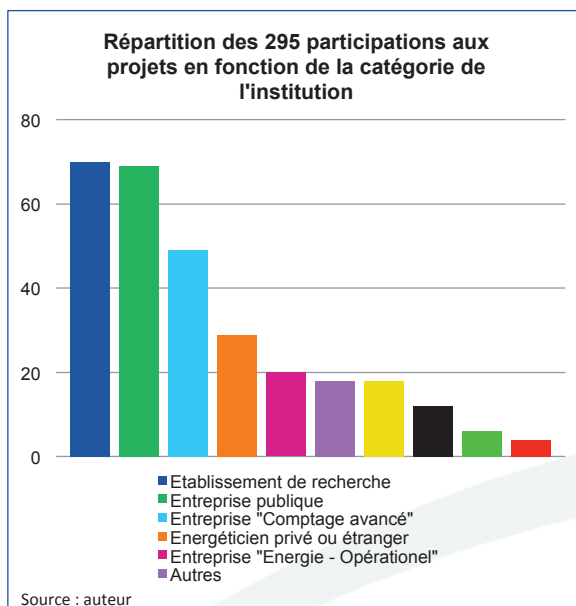
Classification de 64 projets en fonction de la date de commencement depuis 2006



... du moins jusqu'à maintenant

Catégorie	Définition	Evolution	Poids
Compteurs et AMM	Déploiement de compteurs et des infrastructures supports		50%
Véhicules électriques	Projets impactant le réseau (ie: alimentation par ENR)		18%
Système intégré	Simulation d'un réseau SG avec marché financier, PD etc.		11%
R&D	Projets axés sur le dvpt de produits et les études d'impact		9%
Projets ENR	Optimisation de l'intégration au réseau (VPP, stockage etc.)		7%
Bâtiment automatisé	Bâtiments intelligents : équipements, EMS, box etc.		3%

... qui ont d'abord privilégié les compteurs comme partout
... qui priorisent désormais les projets SI, BI et VE



Architecture typique

- **Gestionnaire de projets :**
 - 80% GRD privés/publics souvent en charge de la fourniture
 - 15% établissements de recherche
- **Parties prenantes :**
 - 1 établissement de recherche
 - 1 entreprise de comptage
 - Selon le cas : constructeur, sous-traitants de matériels etc.
- **Financement :**
 - Coût : entre 200 /25.000 m€
entre 100/200€/ compteur
 - Un financement public/privé ou privé

... pour dépasser les barrières techniques et financières

2006-2008 : Des projets de comptage communicant « simples »

- L'identification des types de compteurs pertinents (AMR)
- Le choix et la fiabilité du protocole de transmission des données (AMR)
- La création et l'intégration de nouveaux systèmes (AMM)

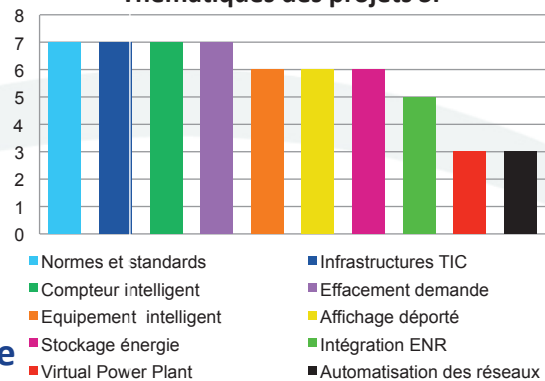
2008 : Appel à projets gouvernementaux : E-Energy , TIC pour la mobilité

2009-2011 : Des projets complexes pour simuler un réseau intelligent

- Forte diversification de la thématique des projets : VE, SI, BI
- Envergure croissante des projets
- Projets « Multi-technologiques »
- Prise en compte systématique des consommateurs
- Focus sur l'IS et les possibilités d'évolution

... qui tendent à se complexifier avec le temps grâce à un savoir-faire accru

Thématiques des projets SI



Source : auteur

PROJETS

Bilan technique :

- 2 principaux protocoles de communication PLC et GPRS
- Technologies déjà existantes
- Comptage multi-énergies
- Information du consommateur

Bilan économique :

- Coopération interentreprises : consortiums, création de filières communes
- Emergence des projets « intégrés » et « complexes »

Bilan social :

- Un impact négatif pour le surplus du consommateur ?

MODELES ECONOMIQUES

- Maturité insuffisante pour identifier les modèles économiques /d'affaires
- Quelques pistes de réflexion:
 - **Modèles d'affaires :**
VPP/Agrégateurs ,
Opérateur de compteur,
Fournisseur de mobilité
 - **Modèles économiques :**
Consommateur actif,
Microgrids,
Marché électrique participatif et « financier »

... souligne la jeunesse du marché

La mise en place des compteurs intelligents : un exemple ...

Projet de Rhein-Energie Köln

- 1 DSO et 16 partenaires mis en concurrence
- 1 projet ayant duré 5 ans

Etapes clés

- 2007-2008 : Pose séquentielle de 2000 compteurs tests multi énergies (eau, gaz et électricité) et tests techniques « de base » AMR
- 2009 : Tests techniques AMR /AMM pour différents compteurs (marques/protocoles : GSM, CPL, DSL)
- 2010 - Février 2011 : Etude du comportement du consommateur et derniers tests techniques
- 2011 : Décision de déployer définitivement 30,000 compteurs multi énergies communiquant par DSL

Conclusion

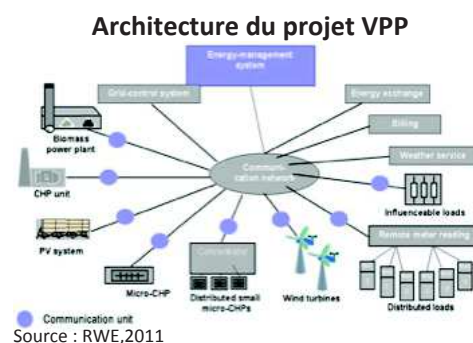
- Un projet presque caricatural car très rationnel
- Les projets préfigurent en partie les partenariats futurs
- **Le comptage multi énergie correspond au modèle d'affaires des Stadtwerke**

... pour montrer qu'il s'agit d'un processus long et qui dépend du profil/des anticipations des entreprises

L'adoption des technologies smart : un processus ardu

Projet VPP mené par Siemens et RWE

- Pool de technologie mixte (+de 9000 kW) :
 - Contrôle : EMS
 - Collecte des données : télésurveillance, concentrateur de données
- Deux volets :
 - la vente directe sur le marché spot,
 - la vente de flexibilité.



Conclusion

- Les VPP sont rentables mais les tarifs d'achat garantis pour les ENR créent une désincitation importante à l'investissement
- Les technologies développées sont déjà existantes mais légèrement adaptées

... parfois infructueux à court terme
... souvent basé sur des technologies « dormantes » ou existantes

Le Projet « Smart Meter »

- **Un Consortium mixte** : Stadtwerke Duisburg (GRD, fournisseur), Fraunhofer, Iskraemeko, Deutsche Telekom
- **Contenu** :
 - Pose de 1 000 compteurs relevés toutes les 15 mns
 - Données consultables sur un Site Internet & tarifs variables
 - Partage du REX avec d'autres Stadtwerke afin de mettre au point des offres commerciales
 - La gestion des données est faite et facturée par Deutsche Telekom (DSL)

Modèle d'affaires émergent

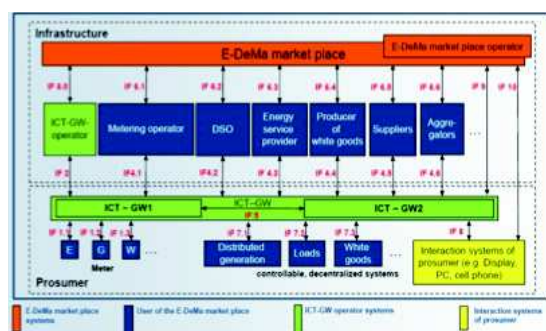
- **Opérateur de compteurs**
 - Mission : lecture, transmission, diffusion et préservation des données
 - Rémunération : Système de double facturation au fournisseur et au GRD
 - Ex : 24/7Metering, Utilicount
- **Entrants potentiels** : Deutsche Telekom, Alcatel Lucent, Vodafone
- **Barrières et limites du modèle**
 - Coûts de transaction & taille critique
 - Habitudes et inertie des consommateurs

... mèneront peut être à la constitution d'un nouveau maillon de la filière électrique ?

© 2011 General Electric Company
All rights reserved. This material may not be copied or distributed in whole or in part without prior permission of the copyright owner.

Les projet SI : Projet E-DEMA

- 1000 participants équipés de compteurs multi énergies
- Mise en place d'équipements domestiques pilotables
- Instauration de tarifs variables
- Installation/intégration des ENR
- Interconnexion des participants grâce à une plateforme financière



Modèle économique émergent

Vers une financiarisation croissante du marché électrique?

- **Deux modèles d'affaires** : agrégateurs vs consommateurs/ producteur actif
- **Quelques nouveaux produits financiers**:
 - Pour optimiser la gestion du réseau : filtrage actif, capacités de redémarrage, contrôle de la tension,
 - Pour rendre le réseau flexible : capacités d'effacement/de production, capacités de stockage adossées aux VE
- **Marché financier régional de l'électricité couplé à un système de quotas de CO2**

- ➔ Contexte de la recherche
- ➔ Eléments et données de cadrage sur les Smart Grids
- ➔ Focus sur les expériences allemandes
- ➔ Conclusion

- Les réseaux intelligents englobent **un ensemble de technologies** :
 - Déjà existantes, mais parfois en « sommeil »
 - Insérées sur toute la filière ... et donc contribuant à la « re-designer ».
 - Provenant de grappes d'innovations antérieures (TIC, Microélectronique) survenues dans des secteurs autres que l'énergie
- Fukushima n'a pas ou pas encore d'impact sur le dvpt des réseaux intelligents
- Les projets en Allemagne sont menés par des **GRD** qui sont les acteurs clés
- **Un marché jeune** : choix des technologies? Modèles économiques?
- Le développement des smart grids sera hétérogène (structure de marché) et séquentiel